

イーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」の進化 ～モーション機能の実現～

2011年 11月 11日
CC-Link 協会

1. はじめに

近年、自動車、FPD、半導体など先端の製造分野において、製品の大型化や高密度化が進み、生産システムは高品質化への対応や生産性の向上など常に進化し続けることが求められている。

生産システムのこの高度化要求に応えるため、ネットワークは制御の高速化だけではなく、トレーサビリティや品質確保のための管理データなどのさまざまなデータを効率よく高速に通信したり、モーション制御を同一ネットワークで実現するなどの高機能化が必要である。

このような状況の中、CC-Link 協会は 2011 年 11 月にイーサネットベース統合ネットワーク「CC-Link IE」に、モーション機能を追加し、オープン化した。本書では、CC-Link IE フィールドネットワークの機能・特長およびモーション機能の実現方法について述べる。

2. CC-Link IE の特徴

CC-Link IE は 1Gbps の通信速度を実現し、通信制御方式にはトークンパッシング方式を採用している。

トークンパッシング方式は、伝送路上で通信データの衝突が発生しないため、通信のスループットが向上し、制御用など定時性の通信が求められるネットワークに最適である。

- (1) 高速・大容量通信 : CC-Link IE では、制御用のサイクリック通信の帯域と、情報通信のトランジェント通信の帯域をそれぞれ別に確保している。トレーサビリティデータや品質データなど情報通信のトラフィックが増大しても、制御の通信サイクルに影響を及ぼすことは無く、安定した高速制御を継続できる。
- (2) 簡単システム構築とメンテナンス : ケーブル、ネットワーク、コネクタなど入手性の高い市販の Ethernet 標準機器をフル活用し、CC-link IE の空きポートにケーブルを接続するだけで機器の追加が可能である。また、エンジニアリングツールにより、事務所のどこからでも設定変更やメンテナンスが可能である。CC-Link IE が備える異常検出機能は、回線の異常、ユニットのトラブルをすぐに発見できる利点がある。
- (3) 簡単通信プログラミング : CC-Link IE は、共有メモリを介して各機器が必要とする制御データを共有できる。ユーザアプリケーションは共有メモリにリード・ライトすればよく、ネットワーク接続に関する知識やプログラムの必要がない。

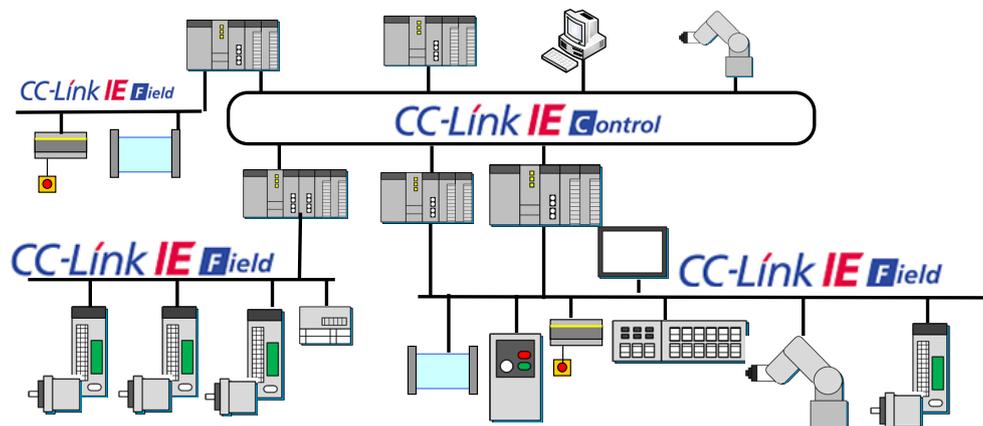


図1 CC-Link IE によるシステム構成例

3. CC-Link IE フィールドネットワークの進化

CC-Link IE フィールドネットワークのプロトコル階層を図2に示す。多軸補間等、高速、高精度のモーション制御を実現するためには、サーボなど複数のモーション機器を同期して動作させる必要がある。このため、同期通信機能を追加した。

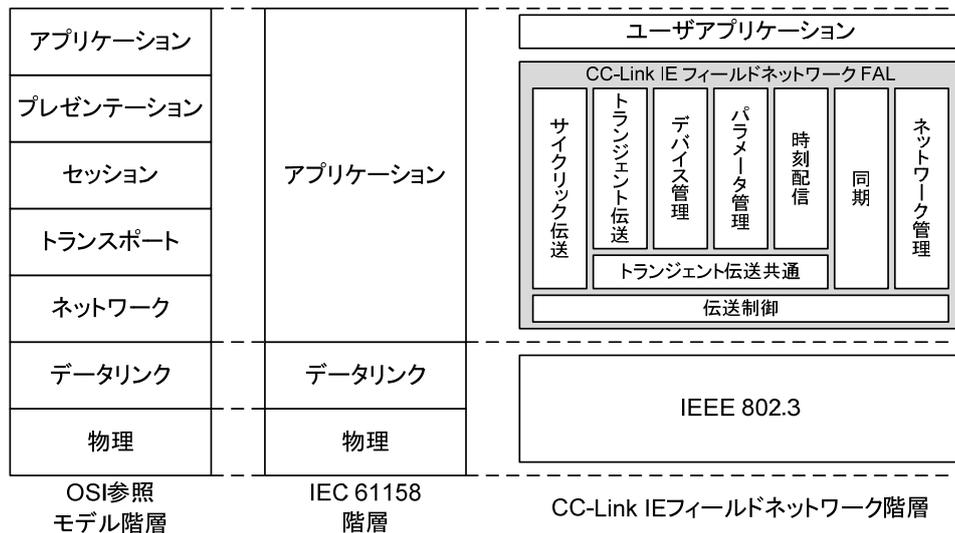


図2 CC-Link IE フィールドネットワークのプロトコル階層

CC-Link IE フィールドネットワークの同期制御方式には、①基本方式と②伝送路遅延計測方式がある。基本方式は各スレーブ局において、マスタ局から一定周期で、送信される伝送制御フレーム中の MyStatus フレームの受信タイミングをリアルタイムにユーザアプリケーションに通知し、同期を実現する方式である。

伝送路遅延計測方式は、マスタ局からスレーブ局までの伝送路遅延測定値を利用して、より高精度の同期を実現する方式である。CC-Link IE フィールドネットワークのフレーム構造を図3に示す。図3に示す同期フレームを利用して伝送路遅延計測を行う。

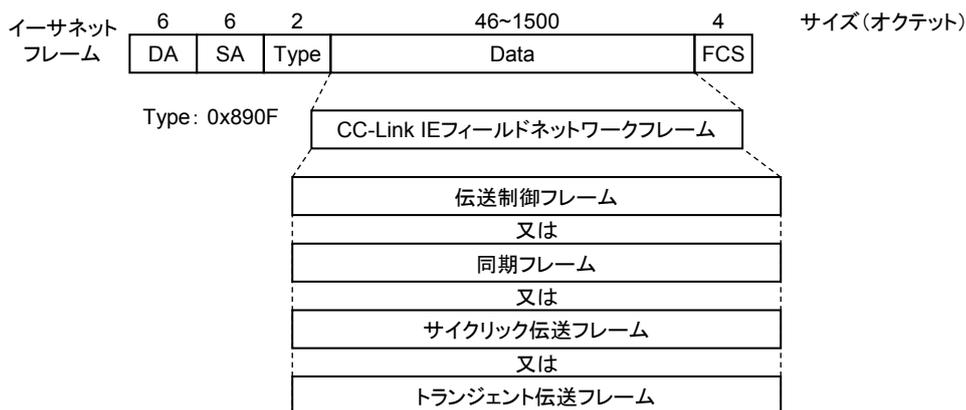


図3 CC-Link IE フィールドネットワークのフレーム構造

図4に伝送路遅延計測による同期方式を示す。伝送路遅延計測方式では、同期ポイントで同期を行う。同期ポイントは、マスタ局が伝送制御(MyStatus)フレームを送信してから一定期間(Tsync)経過後の時刻である。各スレーブ局は、MyStatusを受け取ってからTs時間(Tsync-遅延時間)後に同期を行う。これにより、各スレーブ局は同一時刻で同期を行う。

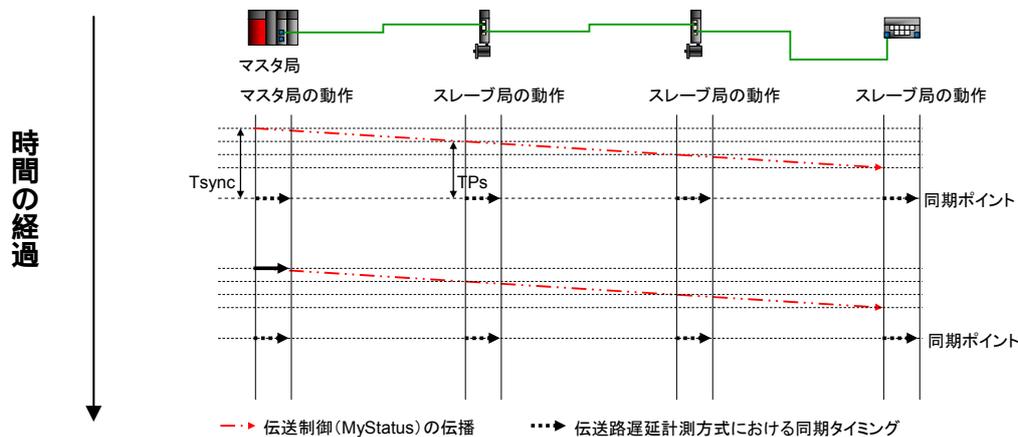


図4 伝送路遅延計測による同期方式

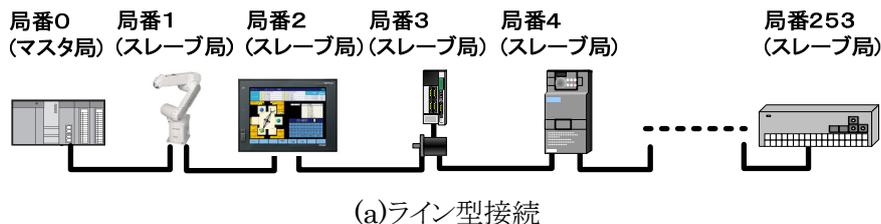
CC-Link IE フィールドネットワークの仕様を表1に示す。マスタ局のリンクスキャン時間制御を固定方式とし、一定周期でスレーブ局にデータを送信することにより、モーション制御を実現できる。

表1 CC-Link IE フィールドネットワーク一般仕様

項目	仕様
イーサネット規格／通信速度	IEEE802.3ab(1000BASE-T)準拠／1 Gbps
通信媒体	シールド付ツイストペアケーブル(カテゴリ 5e)、RJ-45 コネクタ
通信制御方式	トークンパッシング方式
ネットワークポロジ	ライン、スター、リング
最大接続台数	254 台(マスタ局とスレーブ局の合計)
最大局間距離	100m
サイクリック通信(マスタ・スレーブ方式)	制御信号(ビットデータ):最大 32768 ビット(4096 バイト) RX(スレーブ→マスタ):16384 ビット RY(マスタ→スレーブ):16384 ビット 制御データ(ワードデータ):最大 16384 ワード(32768 バイト) RW _r (スレーブ→マスタ):8192 ワード RW _w (マスタ→スレーブ):8192 ワード
トランジェント通信(メッセージ通信)	メッセージサイズ:最大 2048byte
安全通信機能	コネクション型通信(同一局に対する最大コネクション数:2) 安全リフレッシュにおける最大リンク点数:入力 16byte／出力 16byte
リンクスキャン時間制御	固定方式／ベストエフォート方式
同期機能	基本方式／伝送路遅延計測方式／なし

4. CC-Link IE フィールドネットワークのネットワーク構成

CC-Link IE フィールドネットワークでは、ライン型、スター型、リング型のネットワーク構成が可能である。CC-Link IE フィールドネットワークは、図5のようにライン型(a)、スイッチングハブを使用したスター型(b)、あるいはリング型(c)の構成が可能である。また、ライン型、スター型の組み合わせにより、更に柔軟にシステムを構築できる。ループ型では、コントローラネットワークと同様に、ケーブル断線や異常局を検出すると正常な局間でサイクリック通信を続行する機能がある。



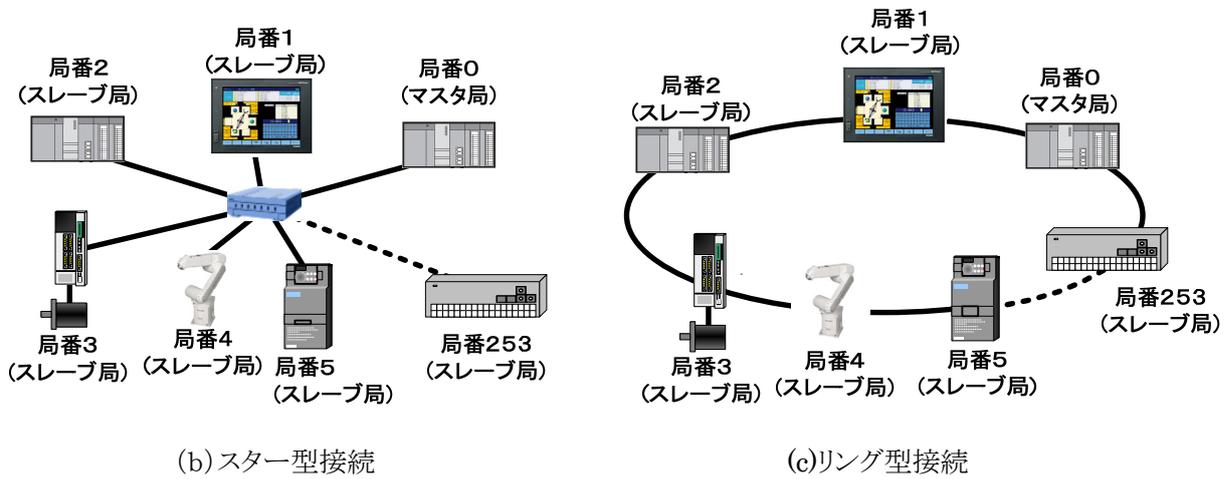


図5 CC-Link IE フィールドネットワーク構成図

5. CC-Link IE フィールドネットワークの通信方式

CC-Link IE フィールドネットワークは、**サイクリック通信**と**トランジェント通信**、**安全通信**の3つの方式をサポートする。制御データはサイクリック通信で、診断情報、トレーサビリティのための管理データ、ロギングデータ等はトランジェント通信で送受信を行う。CC-Link IE フィールドネットワークには、**ベストエフォート方式**と**固定方式**の2種類のリンクスキャン制御方式がある。

ベストエフォート方式は、リンクスキャンを可能な限り高速に実施する方式である。マスタ局はトークンを受信してから、次のトークンを送信するまでの期間で行う処理(復列など)を必要最小限とすることで、リンクスキャンを高速に実施する。固定方式はリンクスキャンを一定の周期とする方式である。マスタ局は定期的にトークンを送信するためのタイマを持ち、トークンを受信してから次のトークンの送信タイミングまでタイマに従って待機した後にトークンを送信することで、リンクスキャンを一定周期で実施する。

5.1 サイクリック通信

サイクリック通信は、同一ネットワークに接続されている全ての機器間で定周期的にデータを更新する機能である。図6にCC-Link IE フィールドネットワークのサイクリック通信を示す。

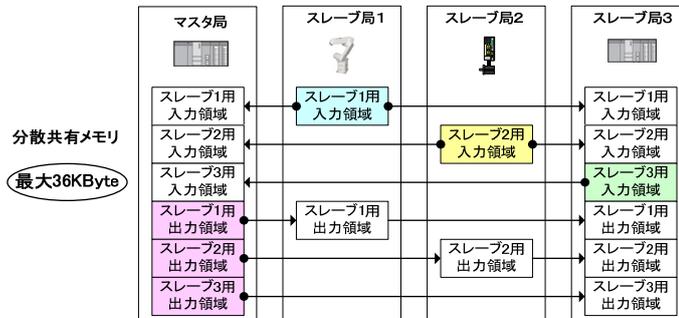


図6 CC-Link IE フィールドネットワークのサイクリック通信

フィールドネットワークの各局は、マスタ局とスレーブ局の間で共有する分散共有メモリ間で制御データをサイクリック通信する。マスタ局は、スレーブ用出力領域のデータをスレーブ局に送信し、スレーブ局の入力領域のデータを受け取る。

スレーブ局は、図6のスレーブ局3に示すように、システムのすべてのスレーブ局のデータのモニタも可能である。この機能の使用により、フィールドネットワークをコントローラネットワークとして使用できる(CC-Link IE フィールドネットワークのコントローラ分散制御機能)

5.2 トランジェント通信

トランジェント通信は、任意の機器間で1:1のメッセージ通信を行う機能である。

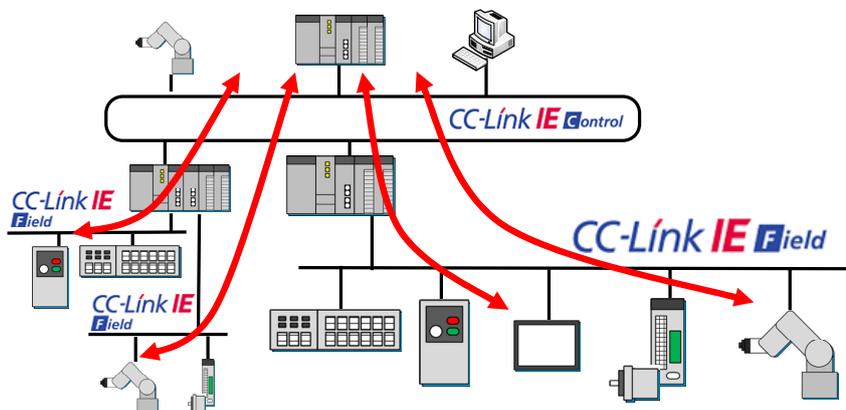


図7 トランジェント通信

CC-Link IE のトランジェント通信を図7に示す。CC-Link IE はネットワークに接続されている全ての機器に対してネットワーク番号と局番を指定することでトランジェント通信が可能である。この機能により、任意の機器から全ての機器に対してメッセージの通信を行うことでシームレス通信が実現できる。また、ネットワーク番号を持たないネットワークに対しては、そのネットワークに対応するコマンドをカプセル化することでシームレス通信を可能としている。この機能を用いることによりユーザは各機器から全ての機器に対してシームレスに通信することができ、システム全体をあたかも1つのネットワークとみなして機器の管理ができる利点がある。

5.3 ネットワーク診断

CC-Link IE の伝送フレームフォーマットにはイーサネット準拠の FCS(Frame Check Sequence)以外に、フレーム部と転送データ部にエラーチェックコードを新たに追加した。この機能を用いることで、通信データの信頼性が増し、さらにケーブル故障によりフレームデータが壊れた場合エラー検出は最初にエラーデータを受信した局のみに限定することを可能とし、ケーブル障害の故障箇所を簡単に検出することを可能とした。(図8参照)



図8 ケーブル不良箇所の特定

6. モーション制御、安全制御への適用事例

CC-Link IE の適用事例を図9に示す。1Gbps の高速転送により、制御のためのサイクリック通信を行っている。同期機能により、複数台のサーボアンプを同期して動かすモーション制御が可能となる。また、安全制御コントローラと一般制御コントローラ間や一般制御コントローラ間の情報交換により、回線のトラブルやユニット異常をすぐに発見可能である。

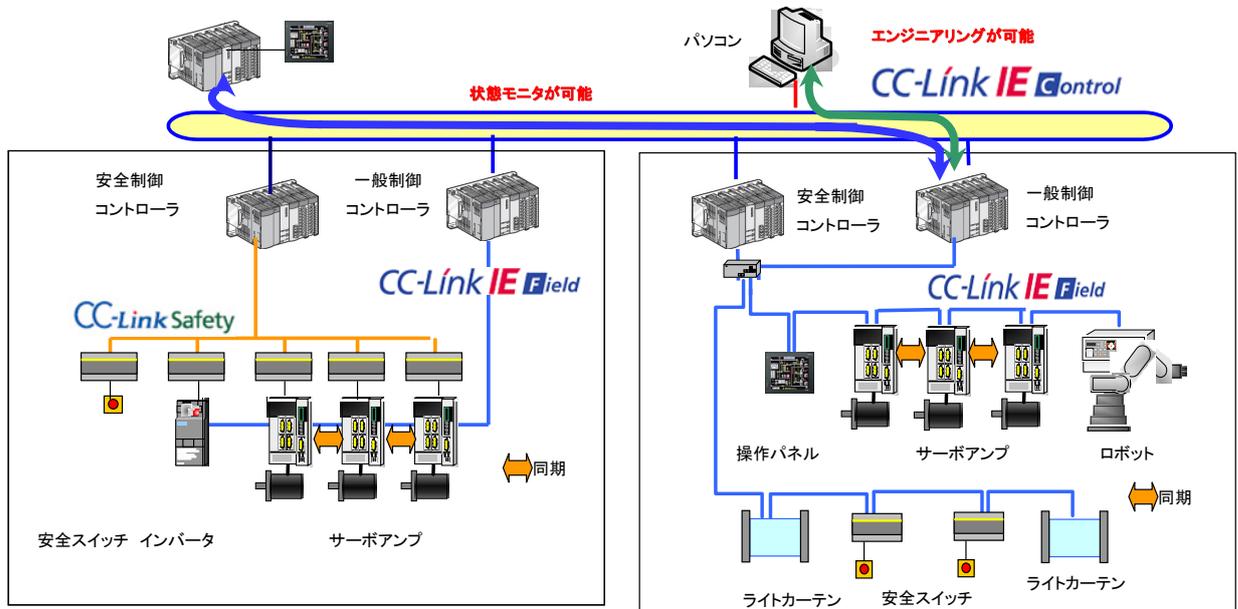


図9 モーション制御、安全制御への適用

7. おわりに

「CC-Link IE」ネットワークは、汎用技術であるイーサネットをベースに、

①高速、大容量通信 ②簡単システム構築とメンテナンス ③簡単通信プログラミング 等の特徴があり、Ethernet 技術の進化に合わせたシステムの高度化、機能アップが可能である。また、モーション機能の統合により、安全通信機能を含めシステム全体をシンプルに構築できる。

CC-Link 協会としては、CC-Link を含めた CC-Link ファミリーを生産システムの進化に応える最適ネットワークとして発展させていく所存である。

以上